

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Розроблення конструкції причіпного
самозавантажувального візка для транспортування сіна»**

Виконав: студент групи Маш-22сп

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

Остап ДАЦКІВ
(Ім'я та прізвище)

Керівник: Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.

“ _____ ” _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту
Дацківу Остапу Романовичу

1. Тема роботи: **«Розроблення конструкції причіпного самозавантажувального візка для транспортування сіна»**

Керівник роботи: Березовецький Сергій Андрійович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 30.12.2022 року № 453/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 23.06.2023 року

3. Вихідні дані: технічні характеристики причіпних візків для транспортування сіна; патенти на корисні моделі та винаходи; літературні джерела за тематикою транспортування сіна; методики розрахунку та проектування причіпного візка для транспортування сіна; методики визначення економічної ефективності конструктивного удосконалення машини.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Аналіз об'єкта проектування.

2. Технологічна частина.

3. Конструктивна частина.

4. Охорона праці.

5. Економічна частина.

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу

1. Аналіз конструкцій причіпних візків для транспортування сіна - 1-ий аркуш.

2. Загальний вигляд причіпного візка для транспортування сіна - 2-ий аркуш.

3. Складальні одиниці та деталі причіпного візка для транспортування сіна – 3-ий аркуш.

4. Складальні одиниці та деталі причіпного візка для транспортування сіна – 4-ий аркуш.

5. Результати розрахунку показників економічної ефективності конструктивної розробки – 5-ий арк.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5	Березовецький С.А. к.т.н., доцент кафедри машинобудування			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри УПБВ			

7. Дата видачі завдання: 30.12.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Виконання розділу: «Аналіз об'єкта проектування»</i>	23.01.23-17.02.23	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Технологічна частина»</i>	20.02.23-17.03.23	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Конструктивна частина»</i>	20.03.23-05.05.23	
4.	<i>Виконання розділу: «Охорона праці»</i>	08.05.23-02.06.23	
5.	<i>Виконання розділу: «Економічна частина»</i>	05.06.23-16.06.23	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	19.06.23-23.06.23	

Студент _____ Остап ДАЦКІВ
(підпис)

Керівник роботи _____ Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
(підпис)

УДК 631.316.023

Кваліфікаційна робота: 51 с. текст. част., 19 рис., 6 табл., 5 арк. формату А1, 27 джерел літератури.

«Розроблення конструкції причіпного самозавантажувального візка для транспортування сіна».

Дацків Остап Романович – Кваліфікаційна робота першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Кафедра машинобудування. – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2023.

Проведено аналіз конструкції причіпних самозавантажувальних візків для транспортування сіна та їх роботу під час технологічного процесу заготівлі сіна.

На основі аналізу в розрахунково-конструкторській частині розроблено конструкцію самозавантажувального візка для транспортування сіна, проведено технологічні та міцнісні розрахунки проектованої розробки.

З питань зниження травматизму і захворюваності подані пропозиції щодо безпеки під час збирання та заготівлі соломи, сіна, сінажу і силосу, розроблені заходи пожежної безпеки під час скирдування сіна.

Виконані економічні розрахунки показують певну економічну ефективність проектних та конструкторських рішень. Передбачувана ефективність від впровадження конструкторської розробки складе на рік 21544,4 грн., при термін окупності протягом 3,3 року.

ЗМІСТ

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ.....	9
1.1 Візок для транспортування копиць тракторний причіпний СТП-2М	9
1.2 Візок для транспортування копиць самоскидного типу	10
1.3 Візок для транспортування копиць СП-60	11
1.4 Візок для транспортування копиць СПМ-200.....	11
1.5 Тросово-рамкова волокуша ВТУ-10	12
1.6 Тракторний візок для транспортування копиць.....	13
1.7 Самозавантажувальний візок для транспортування копиць.....	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	15
2.1 Класифікація сіна	15
2.2 Технічні вимоги до сіна	15
2.3 Технологічний процес заготівлі сіна.....	16
2.4 Технологія заготівлі розсипного сіна.....	19
2.5 Технологія заготівлі пресованого сіна	19
3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	21
3.1 Опис пристрою та принципу роботи проектованого самозавантажувального візка для транспортування сіна.....	21
3.2 Технологічні розрахунки проектованої розробки	24
3.2.1 Розрахунок та вибір гідроциліндра	24
3.2.2 Вибір насоса.....	26
3.2.3 Конструктивний розрахунок проектованої розробки	27
3.2.3.1 Розрахунок пальця-зуба на міцність	27
3.2.3.2 Розрахунок зварювального шва труби.....	29
3.2.3.3 Розрахунок на міцність пальця для перекочування візка	30
3.2.3.4 Розрахунок на міцність бічного крила візка у перерізі якого знаходяться два зварені швелери	31
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	33

4.1 Вимоги щодо безпеки під час збирання та заготівлі соломи, сіна, сінажу і силосу	33
4.2 Вимоги до пожежної безпеки.....	36
4.3 Оцінка безпеки та розробка заходів щодо безпечної експлуатації проектованого візка для транспортування сіна.....	37
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	39
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	49
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	50

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Згідно ДСТУ 4674:2006 від 1.10.2007 [1] у кваліфікаційній роботі використано такі терміни та їх визначення:

Сіно - грубий корм, отриманий унаслідок зневоднення трави до вологості не більше ніж 17 % повітряно-сонячним висушуванням або повітряно-сонячним висушуванням до вологості (35-40) % з подальшим досушуванням методом активного вентилявання.

М'якість сіна - стан, який характеризує різну здатність протидії на згинання руками жмута сіна

Копиця - конусоподібна форма укладання сіна висотою до 2 м з метою досушування і зручності транспортування та висотою до 4 м з метою тимчасового зберігання

Пака - пакування пресованого сіна у вигляді паралелепіпеда

Рулон - пакування пресованого сіна у вигляді циліндра

Скирта - форма укладання розсипного або пресованого сіна у вигляді паралелепіпеда з округлою вершиною висотою не менше ніж 4 м

Стіг - форма укладання розсипного сіна у вигляді купола з округлою вершиною висотою не менше ніж 4 м.

ВСТУП

Щорічно обсяги заготівлі сіна в Україні донедавна становили 8–10 млн т за технологічної потреби, яка становить 17 млн т, тобто потребу в сіні задовольняли на 50–60%. До того ж, у загальній кількості заготовленого сіна близько половини його не відповідало вимогам якості. Обґрунтовується це, насамперед, застосуванням недосконалих технологій заготівлі та зберігання сіна, низьким рівнем механізації робіт. На даний час рівень механізації заготівлі сіна становить близько 30%. Основні технології заготівлі сіна - це заготівля розсипного та пресованого сіна. У господарствах України переважає перша технологія. Технологія заготівлі пресованого сіна має вагомі переваги над технологією заготівлі розсипного сіна - зменшення втрат через скорочення технологічних операцій, зменшення втрат під час зберігання, можливість повної механізації технологічних процесів тощо. У більшості розвинених країн основну кількість сіна (80...90%) заготовляють в пресованому вигляді. В Україні в пресованому вигляді заготовляють незначну кількість сіна.

Однією з проблем сільськогосподарського виробництва, як і раніше, залишається низький рівень механізації праці. Не є винятком і заготівля сіна, соломи, полови. У процесі заготівлі грубих кормів виникає необхідність транспортування сіна з поля на сіновали або спеціальні майданчики поблизу ферм. Традиційна технологія доставки до місця призначення сухих трав, складені в копиці, скирди, включає ручні вантажно-розвантажувальні операції. На це витрачається чимало часу і потрібно залучення додаткової робочої сили. А якщо перевозити копицю повністю, вийде і швидше, і простіше. Для цього розроблені конструкції візків для транспортування сіна, які дозволяють за один рейс перевозити копицю цілком, при цьому відсутні вантажно-розвантажувальні операції. Це дозволяє знизити тривалість рейсу, що призведе до збільшення продуктивності та зовсім виключить робочу силу.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Візок для транспортування копиць тракторний причіпний СТП-2М

Призначений для завантаження сіна та соломи зі скирт, стяжок копин, доставки та розвантаження їх у місцях зберігання та споживання. Причіпний, одновісний. Складається з шасі, передньої стінки з несучими пальцями, проміжної та притискної рамок, гідросистеми. Агрегатується з тракторами класу 1,4 (влітку) та 3 (взимку) [2].

Технічна характеристика візка для транспортування копиць СТП-2М наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика візка для транспортування копиць СТП-2М

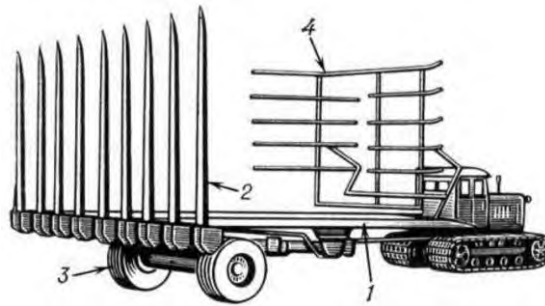
Технічна характеристика	
Вантажопідйомність, т	1,5-2,0
Місткість камери, м ³	25
Експлуатаційна продуктивність, т/год	1,0-3,6
Ширина колії, мм	2000
Маса, кг	2100
Габаритні розміри у транспортному положенні:	
довжина	6500
ширина	3850
висота	3740



Рисунок 1.1 - Візок для транспортування копиць тракторний причіпний СТП-2М

1.2 Візок для транспортування копиць самоскидного типу

Візок для транспортування копиць, одновісний тракторний причіп самоскидного типу механізованого навантаження, транспортування та вивантаження стогів сіна та соломи масою до 6 т і частин скирт, відрізаних скирторізом. На причепі можна перевозити та ін с.-г. вантажі. Для використання причепа як візка для транспортування копиць (рис. 1.2) відкидають бічні борти платформи, знімають передній борт і встановлюють подовжувачі пальцевого бруса, що підхоплюють пальці та притисну рамку. Надставними бортами збільшують площу платформи [2, 3, 4].



1 - платформа; 2 - підхоплюючі пальці; 3 - колісний хід; 4 - притискна стінка.

Рисунок 1.2 - Візок для транспортування копиць самоскидного типу:

Для навантаження копиці та розвантаження платформи підхоплюючі пальці опускають на землю. Копицю навантажують на платформу і стягують з неї вантажно-розвантажувальною сіткою. Перед перевезенням копицю обв'язують тросом. Візок для транспортування копиць агрегують із трактором класу 3,0.

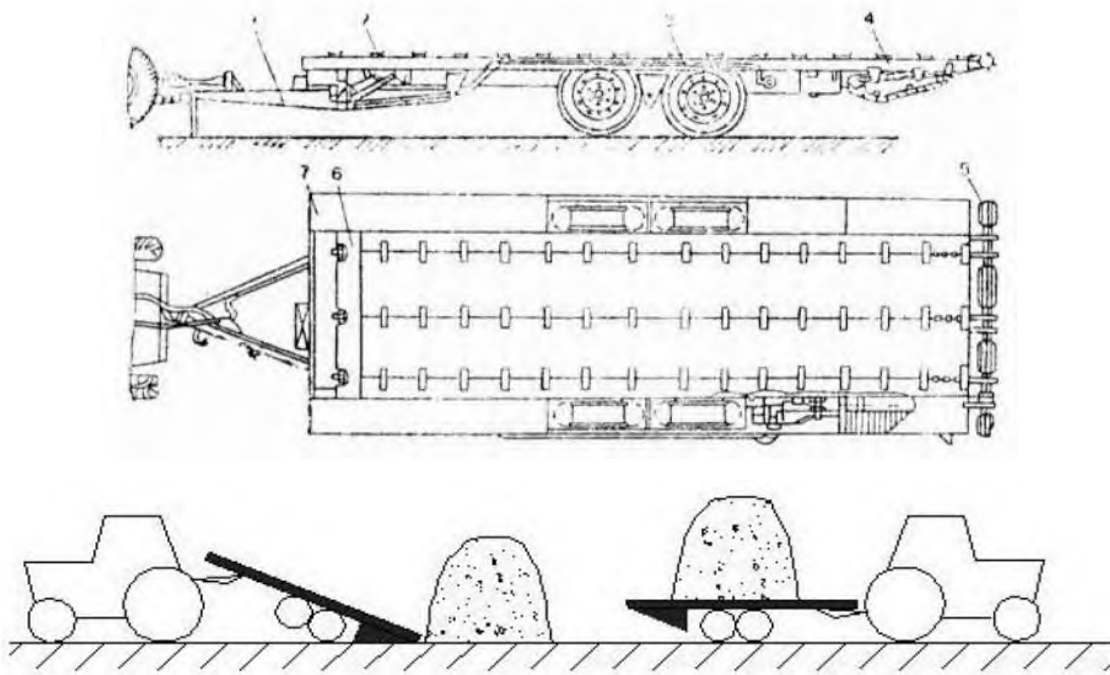
Таблиця 1.2 - Технічна характеристика візка для транспортування копиць

Вантажопідйомність, т	номінальна	4
	максимальна	5
Габаритні розміри візка, мм	довжина	9775
	ширина	5620
	висота	4150
Маса, кг		4800
Максимальна швидкість руху трактора з навантаженим візком, км/год		16

1.3 Візок для транспортування копиць СП-60

Візок для транспортування копиць СП-60 складається з рами на колесах з настилом, сніці, транспортера, натяжної рами, гусеничного ходу, провідного вала, приводу, гідросистеми, гальм.

Для навантаження копиці трактор з візком під'їжджає до неї заднім ходом, хвостова частина платформи опускається землю перед копицею. Потім включають з допомогою гідромотора гусеничний хід, який переміщає візок у основу копиці, візок ніби «під'їжджає» під копицю. Здійснюється навантаження копиці на платформу, потім остання переводиться в горизонтальне положення та солома (сіно) транспортується до місця складування [4].



1 – причепний механізм; 2 – транспортер; 3 – колісний хід; 4 – гусеничний хід; 5 – провідний вал; 6 – натяжна рама; 7 – рама.

Рисунок 1.3 - Конструктивна схема візка для транспортування копиць СП-60:

1.4 Візок для транспортування копиць СПМ-200

При збиранні зернових культур застосовують візок для транспортування копиць СПМ-200, працює в агрегаті з тракторами класу 3 і зі стогометачем типу СНУ-0,5.

Візок для транспортування копиць складається з камери місткістю 200 м³, що вміщує 9...13 т соломи або сіна. Днище пруткове. На правій боковині камери закріплено механічна рука, керована оператором за допомогою трьох гідроциліндрів.

Візок для транспортування копиць спирається на два задніх колеса і на здвоєні передні керовані колеса.

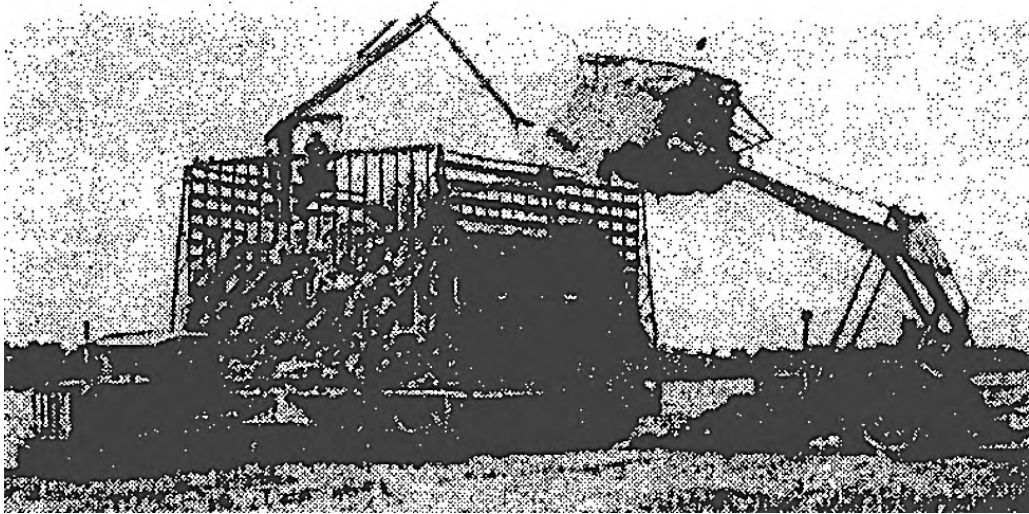


Рисунок 1.4 Візок для транспортування копиць СПМ-200 зі стогометачем СНУ-0,5 у роботі

Довжина його в робочому положенні – 10,03 м, ширина – 6,36 м, висота – 6,53 м.

Ширина колії задніх коліс – 5700 мм. Дорожній просвіт – 320 мм. Маса стогоутворювача – 5040 кг. Транспортна швидкість – до 12 км/год. Обслуговують його тракторист та оператор. Візок для транспортування копиць дозволяє отримувати готові для зберігання копиці соломи чи сіна без ручної праці [2, 3].

1.5 Тросово-рамкова волокуша ВТУ-10

На рис. 1.5 показано транспортування копиці тросовою волокушою, дана технологія використовується переважно у великих господарствах. Транспортування тросовими волокушами ведеться у зимовий період, а це призводить до великих витрат ПММ та часу.

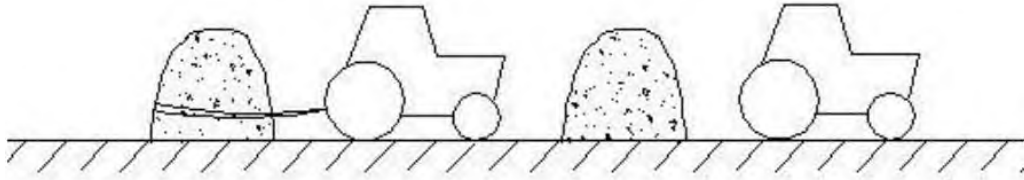
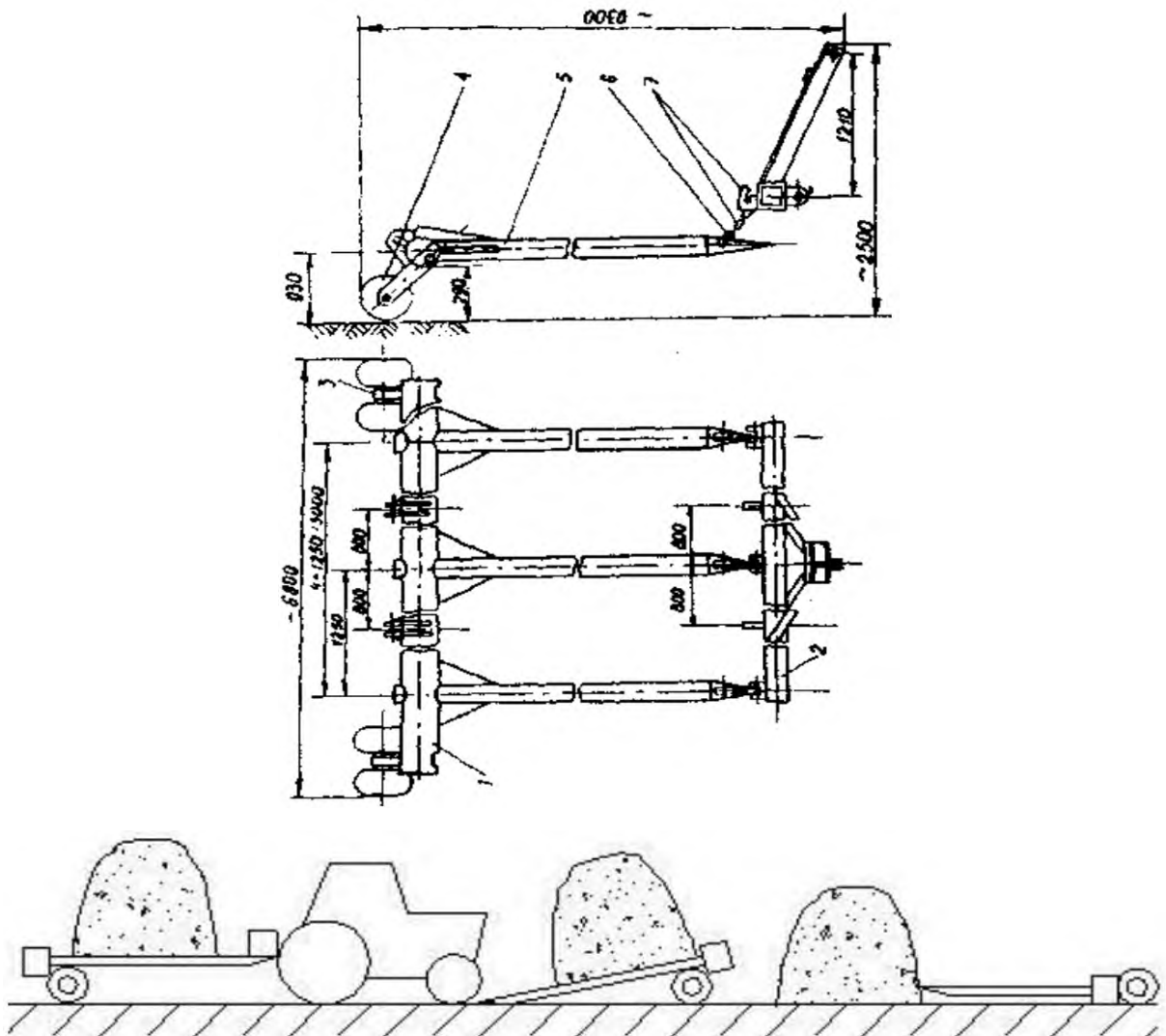


Рисунок 1.5 – Схема транспортування копиці за допомогою тросово-рамкової волокуші ВТУ-10

1.6 Тракторний візок для транспортування копиць

Тракторний візок для транспортування копиць призначений для навантаження, перевезення та вивантаження копиць соломи та сіна в польових умовах. Агрегатується з трактором К-700А та модифікаціями (рис. 1.6) [2, 3].



1 - пристрій навісний; 2 - центральний брус (поперечний); 3 – важіль; 4 – колесо опорне; 5 - брус поздовжній; 6-пластина шарнірна; 7 – ланцюг

Рисунок 1.6 Конструктивна схема візка для транспортування копиць.

1.7 Самозавантажувальний візок для транспортування копиць

Самозавантажувальний візок для транспортування копиць є одновісним майданчиком (рис. 1.7), звареним із швелера, яка спирається на причіпну скобу гідрогака трактора. При під'їзді до скирти гідрогаком піднімають передню частину візка до упору пальців у землю. Скирду охоплюють двома тросами діаметром 18 мм, які натягують двома барабанами. Потім затягують на майданчик візка. Барабани приводяться у рух від ВВП трактора, через встановлений на майданчику редуктор та коробку передач від списаного комбайна СК-5.

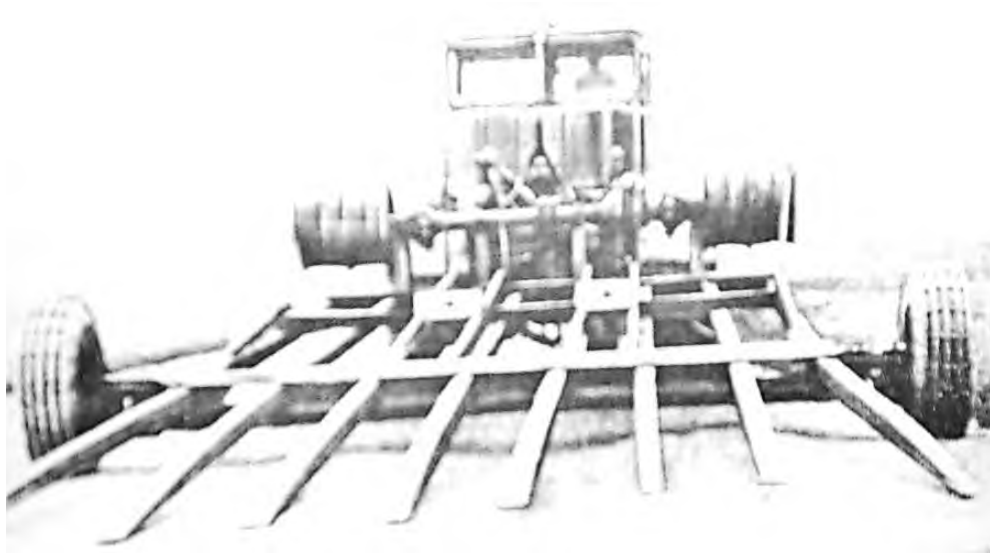


Рисунок 1.7 – Візок самозавантажувальний

Диски коліс використані як барабани. Після затягування скирти на майданчик передню частину рами опускають, троси фіксують.

На місці розвантаження піднімають передню частину майданчика гідрогаком, звільняють троси, за допомогою навісної системи трактора піднімають передню частину візка та копиця сповзає. Трактор у цей час виштовхує майданчик з-під копиці.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Класифікація сіна

Залежно від ботанічного складу та умов вирощування трав сіно поділяють на такі типи [1]:

- сіяне бобове з багаторічних чи однорічних трав (бобових рослин понад 70 %);
- сіяне злакове (злакових трав понад 70 % та бобових менше ніж 20 %);
- сіяне бобово-злакове (бобових трав понад 50 %, але не більше ніж 70 %);
- сіяне злаково-бобове (бобових трав від 20 % до 50 %);
- природних кормових угідь, яке за ботанічним складом поділяють на злакове, бобове, бобово-злакове, злаково-бобове, різнотравно-злакове, різнотравно-бобове, різнотравно-бобовозлакове, осокове, осоково-злакове, осоково-різнотравно-злакове тощо; за типом угідь - лугове, степове, болотяне, солонцево-солончакове.

За способом заготівлі сіно поділяють на розсипне та пресоване у паки (форма паралелепіпеда) та рулони (форма циліндра), розміри яких залежать від технологічних та конструктивних особливостей прес-підбирача.

За способом сушіння сіно поділяють на сіно повітряно-сонячного сушіння та повітряно-сонячного в поєднанні з досушуванням методом активного вентилявання.

2.2 Технічні вимоги до сіна

Сіно повинно відповідати вимогам ДСТУ 4674:2006 і його треба виготовляти за технологічною інструкцією, затвердженою в установленому порядку [1].

Розміри, маса і щільність паків і рулонів пресованого сіна повинні характеризуватись такими параметрами:

- довжина паки від 0,5 м до 1,5 м, ширина й висота - у два-три рази менше, маса - від 10 кг до 100 кг;

- довжина рулону від 1 м до 2 м, діаметр від 0,5 м до 2 м, маса від 100 кг до 800 кг;

- щільність пресування сіна у паках і рулонах повинна бути в межах від 70 кг/м³ до 200 кг/м³. Паки і рулони пресованого сіна за розмірами в одній партії повинні бути рівномірними. Граничний відхил розміру від середнього показника не повинен перевищувати $\pm 5 \%$.

Розміри скирт та стогів під час зберігання розсипного сіна просто неба повинні характеризуватись такими параметрами: висота скирти та стогу повинна бути більше ніж 4 м, ширина скирти та діаметр стогу - більше ніж 3 м.

Якщо сіно не відповідає вимогам ДСТУ 4674:2006 хоча б за одним із показників якості та безпеки, його переводять у нижчий клас або відносять до некласного або непридатного для згодовування.

Якщо припускають погану якість сіна з ознаками його псування через несприятливі умови заготівлі й зберігання та інші негативні чинники, а також за зберігання більше ніж 6 міс., визначають придатність його до згодовування тваринам за показниками безпеки.

Для сіна використовують однорічні та багаторічні бобові і злакові трави в чистому вигляді та їх сумішки, а також трави природних кормових угідь, які скошені у фазі бутонізації, але не пізніше кінця цвітіння бобових і у фазі початку колосіння, але не пізніше цвітіння злакових трав. У траві, яка призначена для виготовлення сіна, не допускають наявності грудок ґрунту, каміння та паливно-мастильних матеріалів.

2.3 Технологічний процес заготівлі сіна

Вітчизняні виробники техніки та іноземні постачальники обладнання представили на українському ринку сіножальну техніку, яка здатна якісно та без втрат заготовляти сіно в різних умовах виробництва [5].

У зв'язку з цим необхідно правильно підібрати доцільний для конкретного господарства процес заготівлі кормів і технічні засоби відповідно до матеріально-технічного забезпечення господарства, умов заготівлі лікарської

сировини, виду худоби, виходу і продуктивності. кількість: сіно насипне, сіно пресоване, сіно, силос та ін.

Якість сіна і тривалість збирання значною мірою залежать від машинної групи та якості її підготовки до роботи.

Для заготівлі сіна в даний час застосовуються наступні прийоми: заготівля насипного сіна, пресування сіна, збирання трав'яних і силосних культур і подрібнення [6, 9, 10, 11].

Заготівля насипного сіна включає в себе такі операції: скошування, сушіння, змішування, згрібання в тюки, перевертання тюків, підбирання копиць і штабелів, транспортування до агрегатів, агрегатних блоків для укладання сіна.

Комплекс машин за цією технологією використовують такий: косарки (КС2,1; КРН-2,1), косарки-плющилки (КПС-5Г; КПРН-3), граблі (ГВК-6,0; ГВР-6), волокуші (ВНШ-3; ВУ-400), підбирачі-копнувачі (ПК-1,6), підбирчистоогоутворювачі (СПТ-60), причіпи-стоговізи (СП-60), навантажувачі-скиртоукладачі (ПФ-0,5), установки для активного вентилявання (УВС-10М; УДС-300).

Прогресивна технологія заготівлі сіна пресуванням передбачає використання наступних технічних засобів: косарок (КРН-2,1; КС-2,1), косарок-плющилок (КПРН-3; КПС-5Г), грабель (ГВР-6; ГВК-6,0), прес-підбирачів (ПРП-1,6; ППЛ-Ф-1,6), машин для збирання паків (МТ-1; ГУТ-2,5; ПТН-4), пакувальників рулонів та паків у плівку.

Щодо до заготівлі подрібненого сіна, то дана технологія передбачає виконання таких операцій: косіння з плющенням (КПС-5Г; КПРН-3), ворущіння, згрібання і обертання валків (ГВК-6,0; ГВР-6), підбирання валків з одночасним подрібненням рослин на частки довжиною 3-5 см (КСК-100; КПИ-2,4), транспортування подрібненої маси, вивантаження її в сіноховище, досушування підігрітим або атмосферним повітрям [2, 3, 4].

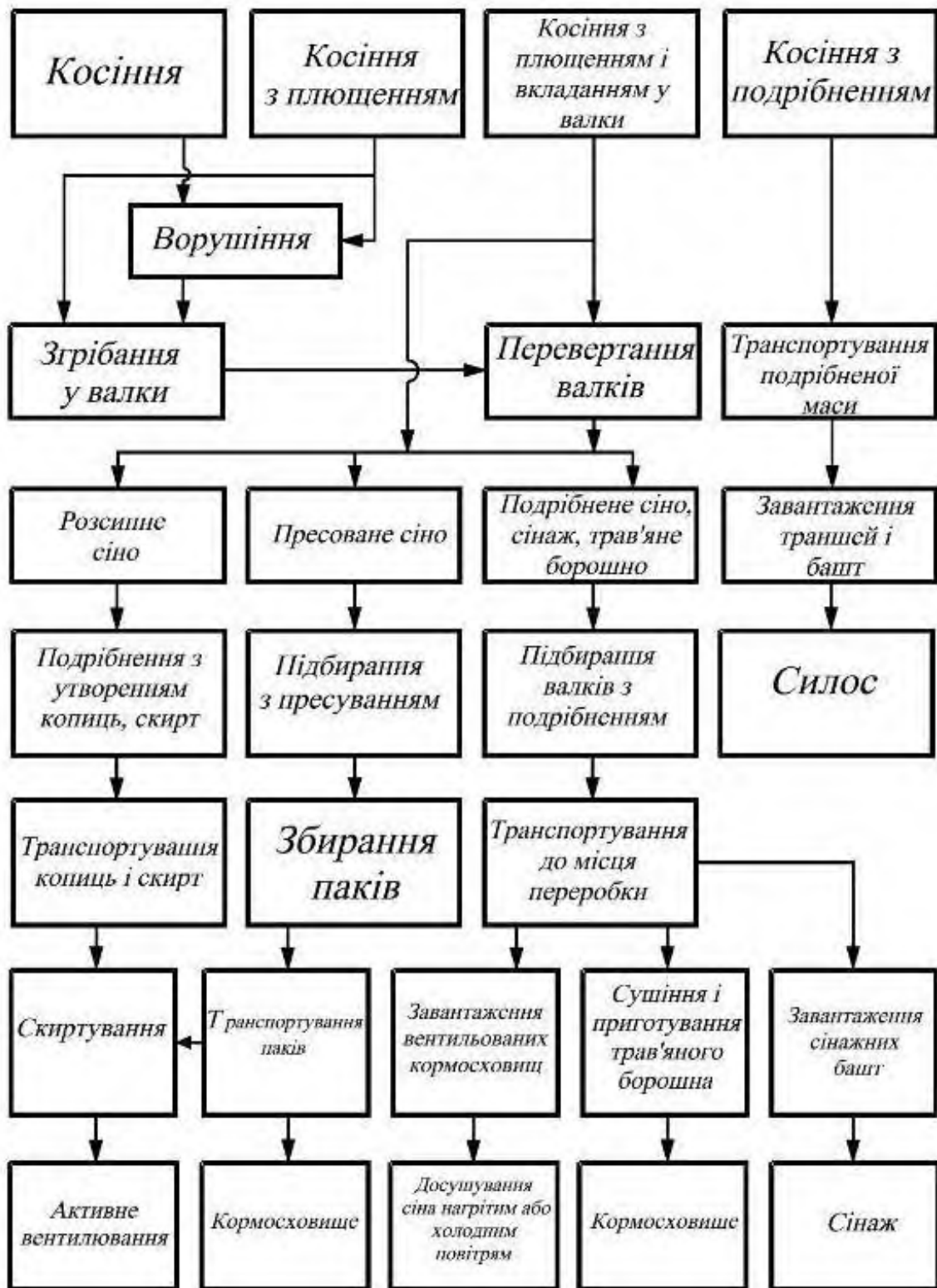


Рис. 2.1 – Технології заготівлі кормів [4]

Сучасні іноземні машини демонструють свою універсальність і багатофункціональність: одна і та ж машина вміє згрібати смуги в рулони, здвоювати їх, навіть нарощувати, перевертати, переміщати. Ці машини доступні у варіантах кріплення на причепі, заднього чи переднього кріплення.

Наявність фронтального здвоювача валків дає змогу значно підвищити продуктивність на заготівлі сіна завдяки застосуванню комбінованих агрегатів, до складу яких, наприклад, входить фронтальний здвоювач валків і причіпна машина для підбору валка (прес-підбирач, візок-підбирач).

Для згрібання та ворущіння сіна виробляють граблі універсальні роторні ГУР-4,2, граблі-ворушилка-валкоутворювач ГЗВ-2,0 та граблі-валкоутворювач ГВ00.000 (Завод “Львівсільмаш”), граблі-ворушилку SP4-205 (“Ковельсільмаш”).

2.4 Технологія заготівлі розсипного сіна

Для підбирання валків сіна та його заготівлі в розсипному виді застосовуються підбирачі-копнувачі, візки для транспортування, навісні волокуші. Сучаснішими та прогресивнішими є візки-підбирачі, які підбирають сіно з валків, подрібнюють його (у разі потреби) та нагромаджують її в кузові, транспортують до місць складування. Застосовуються вони для підбирання як сіна так і пров'яленої трави чи соломи. Такі машини виготовляють типорозмірними рядами з широким діапазоном щодо місткості кузова - від 14 до 50 м³ і більше фірмами Claas, Case, Deutz Fahr, Krone, Pottinger тощо.

Машини за загальним компонованням близькі між собою і відрізняються тільки виконанням окремих вузлів і агрегатів. Загалом візки-підбирачі мають такі вузли та агрегати: причіпну сницю, раму, ходову частину, кузов, підбирач із подрібнювальним апаратом, вивантажувальний пристрій [9].

З огляду на це візки-підбирачі-подрібнювачі можуть, крім заготівлі сіна, використовуватися для підбирання та транспортування скошеної і прив'яленої трави.

2.5 Технологія заготівлі пресованого сіна

Для заготівлі пресованого сіна застосовують рулонні преси та преси, поршневі прес-підбирачі високого тиску для формування тюків. Технологія заготівлі сіна в рулонах зараз є дуже популярною з огляду на те, що

конструкція рулонних прес-підбирачів є досить простою і їх вартість порівняно з прес-підбирачами великогабаритних тюків є низькою. Разом з тим поширюється технологія із застосуванням прес-підбирачів великогабаритних тюків, які мають переваги перед іншими конструкціями машин, до яких відноситься висока продуктивність, зменшення затрат праці, висока якість кормів, оптимальне використання вантажопідйомності засобів для транспортування тощо.

Машинобудівні фірми John Deere, Claas, Krone тощо пропонують багато моделей прес-підбирачів великогабаритних тюків, які відрізняються між собою об'ємом камери для спресовування, конструктивним виконанням робочих органів, кількістю ходів поршня тощо. В Україні з машин для заготівлі сіна та соломи в пресованому вигляді КП "Київтрактордеталь" серійно виробляє рулонний прес-підбирач ППР-110, ВАТ "Ірпіньмаш" освоює виробництво рулонного прес-підбирача ПР-750М.

Для підбирання і завантаження тюків та рулонів у транспортні засоби в Україні застосовують фронтальні навантажувачі загального призначення, які загалом не призначені для виконання цієї операції. За кордоном застосовують зручні, маневрові навантажувачі, такі як "Рейнджер" від компанії Claas.

Отже, для широкого впровадження прогресивних технологій заготівлі сіна в Україні потрібно налагодити власне виробництво прес-підбирачів для формування великогабаритних тюків, навантажувачів тюків і рулонів, візків-підбирачів та іншої сучасної техніки.

3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

3.1 Опис пристрою та принципу роботи проектованого самозавантажувального візка для транспортування сіна

Основні елементи пропонованого самозавантажувального візка для транспортування сіна (рис. 3.1) – дві поздовжні напіврами 1 зигзагоподібної форми. Передніми кінцями напіврами спираються на краї поперечного бруса 4, з яким вони шарнірно пов'язані вертикальними осями 10 та силовими гідроциліндрами. Останні закріплені на брусі та напіврамах за допомогою кронштейнів 15. Задні зигзагоподібні кінці напіврам спираються за допомогою вилок 13 на самовстановлювальних пневматичних колесах 20. Їхню самоустановку-орієнтацію за напрямком руху забезпечують вертикальні осі 9. Поперечний брус 4 обладнаний пристроєм для агрегування візка з трактором. Основний елемент пристрою – коромисло 18 з пальцями на кінцях під нижні тяги навісної системи трактора. Вертикальна вісь 16 повороту коромисла в горизонтальній площині винесена вперед на кронштейні.

До внутрішніх сторін бруса і напіврам приварені загострені пальці-зуби 6 розташовані в одній горизонтальній площині.

Зверху, ближче до країв, до бруса прикріплені вертикальні стійки, підтримувані косинками 8.

Основні розміри візка для агрегування з колісними тракторами типу Т-150К та К-701. Для виготовлення конструкції використані швелери розміром 180...270 мм, сталевий лист товщиною 30 мм, товстостінні труби діаметром 40...100 мм (для пальців – зубів). Колеса з шинами 12-36 запозичені у машини для внесення органічних добрив РОУ-6, а силові циліндри 1 (діаметр поршня 120 мм) – у гусеничного навантажувача ПБ-35.

При виготовленні візка особливу увагу приділено зварюванню деталей у зонах вертикальних осей повороту напіврам.

Для жорсткості нижнього та верхнього швелерів поперечного бруса скріплені накладками. Додаткову міцність та жорсткість конструкції бруса додає кронштейн, що також скріплює між собою нижній та верхній швелери.

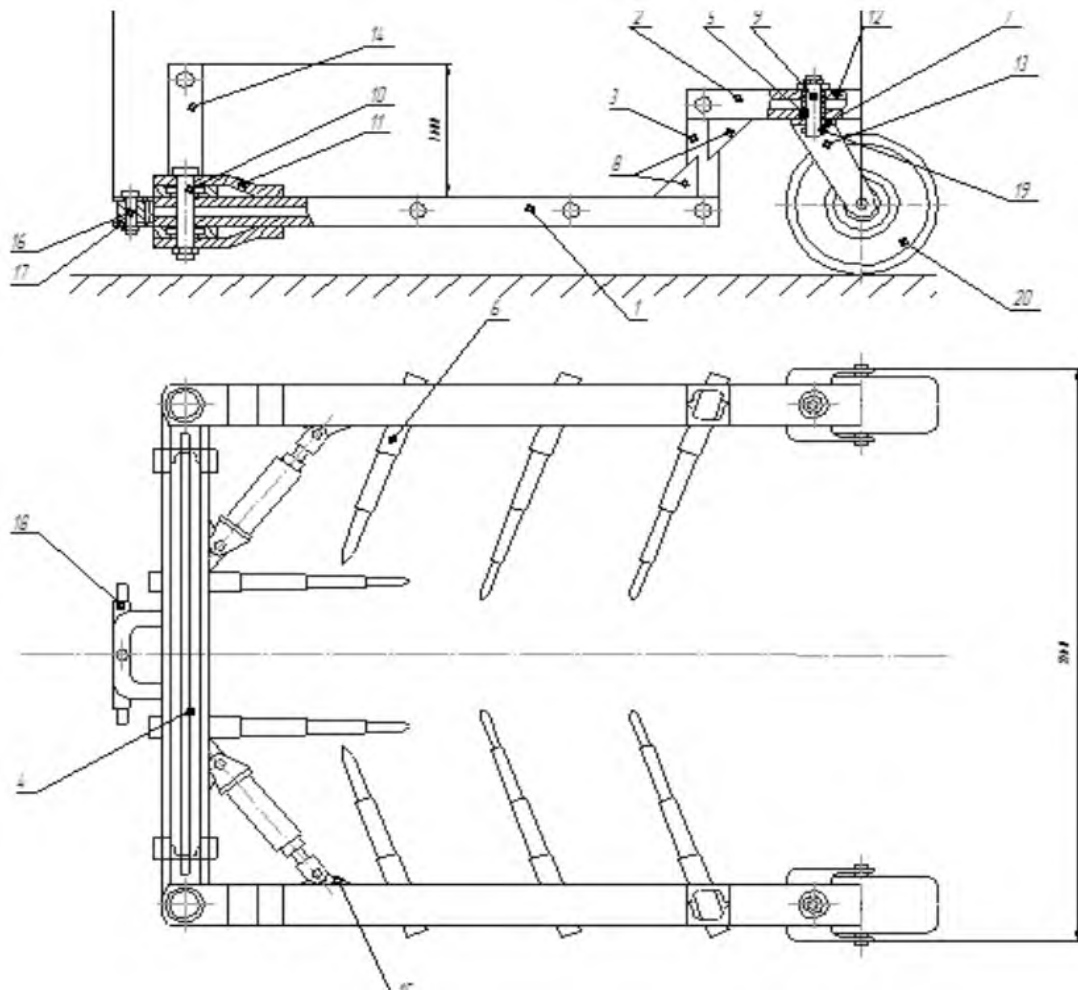
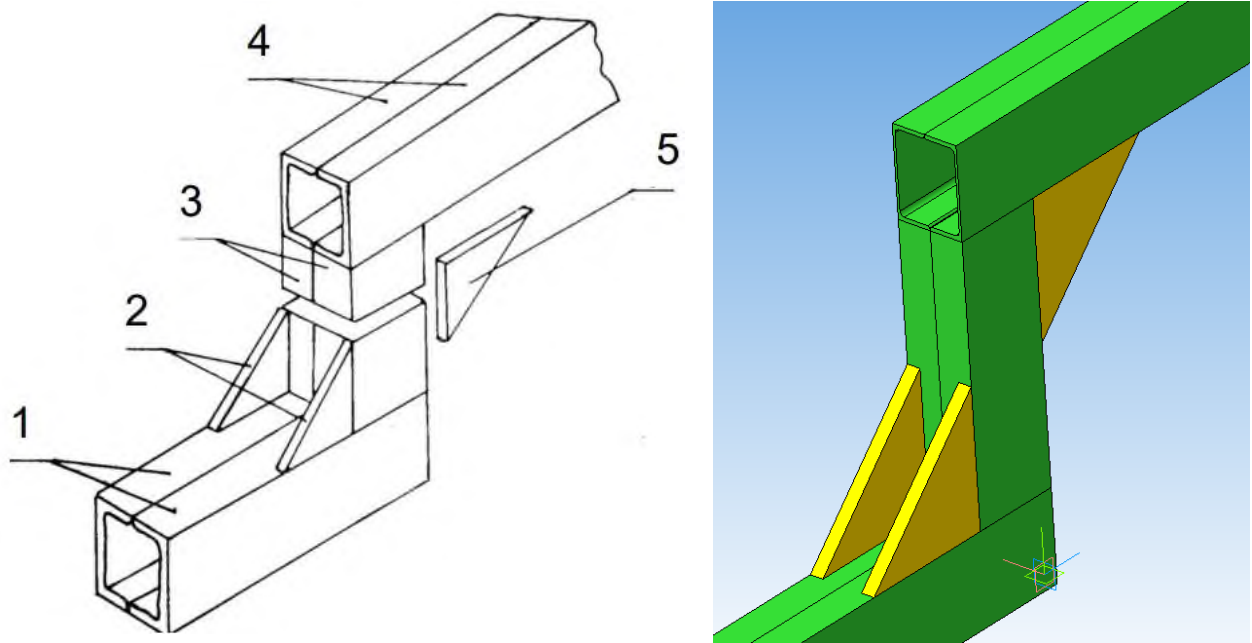


Рис. 3.1 – Конструкція самозавантажувального візка для транспортування сіна (пропонована)

Кронштейн зварений з двох фасонних пластин, вирізаних із листа товщиною 30 мм. Пластини скріплені перемичками. Коромисло може повертатися лише у горизонтальній площині, завдяки чому розвантажена вісь коромисла.

Задні зигзагоподібні кінці напіврам (рис. 3.1), зварені зі шматків швелера і складаються з вертикальної та горизонтальної частини. Для міцності з'єднання стикувані кінці повинні бути посилені косинками товщиною 20 мм.

Вилки зігнуті з листа товщиною 30 мм. Для міцного кріплення вертикальних осей 4 (рис. 3.2) обидві щоки 1 кожної вилки з'єднані перемичкою 3. Під осі горизонтальних частинах кінців напіврам вварені втулки.



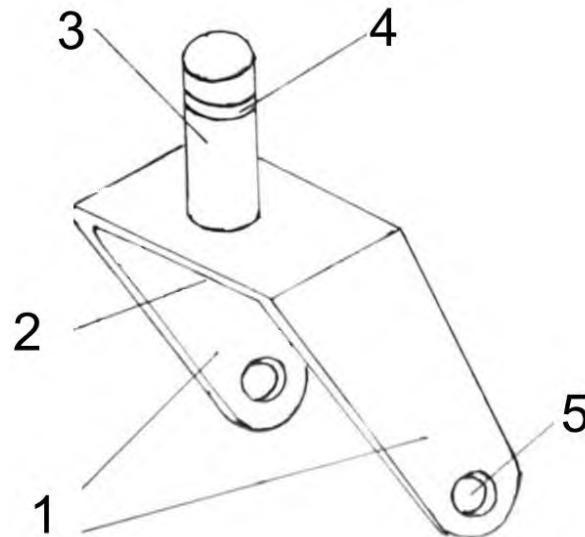
1 – швелери, які утворюють поздовжню частину напіврам; 2, 5 – косинки; 3,4 – швелери, які утворюють вертикальну горизонтальну частину напіврам

Рис. 3.2 – Конструкція заднього кінця напіврам

Через великі діаметрів осей 9 їх виточуємо не з суцільного прутка, а з товстінних труб (рис. 3.3). Для попередження мимовільного випадання, осі стопоряться розрізними кільцями.

Пальці-зуби мають консольне закріплення та поступово зменшуються до загострених кінців. В ідеальному варіанті кожен палець-зуб виготовляється у формі балки рівного опору. Однак для простоти виготовлення форма зварена з окремих циліндрів поступово зменшуваних діаметрів.

При транспортуванні сіна на проектованому візку підвищується продуктивність та знижується трудомісткість, що призводить до зниження термінів вивезення сіна з полів до місць зберігання.



1 - щоки; 2 - перемичка; 3 - вертикальна вісь вилки; 4 - канавка для стопорного кільця; 5 - отвір під вісь колеса

Рисунок 3.3 – Вилка, що забезпечує самоорієнтацію колеса в напрямку руху.

3.2 Технологічні розрахунки проектованої розробки

3.2.1 Розрахунок та вибір гідроциліндра

Розрахунок гідроприводу проводимо в наступній послідовності:

1. Визначаємо хід поршня гідроциліндра, при цьому приймаємо наступні геометричні параметри: $h = l = 0,12$ м. Знаходимо відстань між кронштейнами гідроциліндра (штока і корпусу) при повністю втягнутому штоку за формулою:

$$l_{\min} = \sqrt{h^2 + l^2} - 2 \cdot h \cdot l \cdot \cos \alpha_1, \quad (3.1)$$

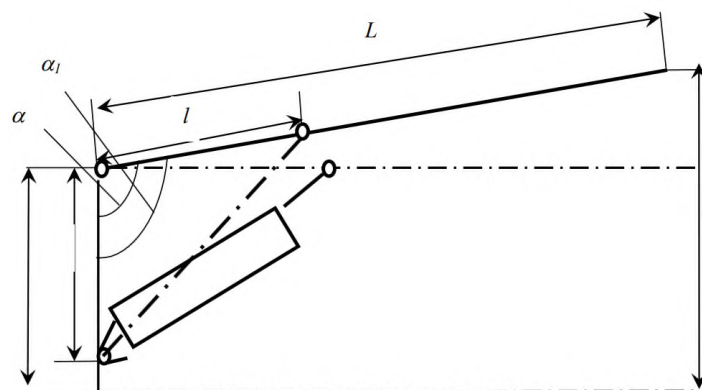


Рис. 3.4 - Розрахункова схема гідроприводу самозавантажувального візка для транспортування сіна

2. Знаходимо різницю між кутами $\angle\alpha$ і $\angle\alpha_1$:

Визначаємо максимальну відстань між кронштейнами штока та корпуса гідроциліндра при повному розведенні бічного крила:

$$\beta = (\alpha - \alpha_1) = 2 \cdot \arcsin \frac{H}{2L}, \quad (3.2)$$

$$\beta = 2 \cdot \arcsin \frac{5,2}{2 \cdot 6,3} = 48,4^\circ$$

$$H = 2H_0 = 2 \cdot 2,6 = 5,2 \text{ м.}$$

$$l_{\max} = \sqrt{h^2 + l^2 - 2h \cdot \cos(\beta + \alpha_1)}, \quad (3.3)$$

$$l_{\max} = \sqrt{0,12^2 + 0,12^2 - 2 \cdot 0,12 \cdot \cos(48,4 + 90)} = 0,46 \text{ м.}$$

Тоді хід штока визначається за формулою:

$$l_{\text{уд}} = l_{\max} - l_{\min}, \quad (3.4)$$

$$l_{\text{уд}} = 0,46 - 0,17 = 0,29 \text{ м.}$$

3. Визначаємо діаметр гідроциліндра за формулою:

$$D \geq \sqrt{\frac{4 \cdot \kappa \cdot P_{\text{ум}}}{\pi \cdot P}}, \quad (3.5)$$

де κ - коефіцієнт запасу міцності штока, ($\kappa = 1,1$);

$P_{\text{ум}}$ - зусилля на штоку гідроциліндра, Н;

P - тиск у гідросистемі, ($P = 10$ МПа).

Визначаємо зусилля на штоці гідроциліндра за формулою:

$$P_{\text{ум}} = \frac{Q \cdot l}{h \cdot \cos \alpha} \quad (3.6)$$

де Q - вага бічного крила, Н, ($Q = 1764$ Н = 1,764 кН);

h - плече сили, ($h = 0,12$ м (з креслення));

α - кут гідроциліндра щодо бічного крила, ($\alpha = 45^\circ$).

Оскільки конструкція має два гідроциліндри, то

$$P_{\text{ум}} = 2P_p, \quad (3.7)$$

де P_p - робоче зусилля на штоці гідроциліндра, Н

$$P_p = \frac{1,8 \cdot 10^3 \cdot 6,295}{0,12 \cos 45^\circ} = 132992,95 \text{ Н.}$$

$$D \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1,1 \cdot 132992,95}{3,14 \cdot 10}} = 136,5 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань з урахуванням можливого навантаження та динамічної роботи, приймаємо гідроциліндр марки Ц-125 ГОСТ 6540-78.

3.2.2 Вибір насоса

Подачу насоса визначаємо за формулою:

$$Q_H = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l_{ш}}{4 \cdot t \cdot \eta_v}, \quad (3.8)$$

де D - діаметр поршня, ($D = 0,125$ м);

η_v - об'ємний ККД, ($\eta_v = 0,8-0,95$);

t - час висування штока гідроциліндра, ($t = 10$ с).

$$Q_H = \frac{3,14 \cdot 0,125^2 \cdot 0,29}{4 \cdot 10 \cdot 0,92} = 3,1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$Q_H = 18,6 \text{ л/хв.}$$

За умови, що у нас розташовано два гідроциліндри Ц-125 для пересування бічних крил, то подача насоса становитиме $Q = 2Q_H = 37,2$ л/хв. Цим умовам цілком задовольняє насос НШ-50 гідравлічної системи трактора Т-150К у якого продуктивність насоса $Q = 61$ л/хв, при частоті обертання $n=1300$ об/хв, робочий тиск $P=10$ МПа.

Визначаємо діаметр нагнітального трубопроводу за формулою:

$$d_{mp} = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{Q_H \cdot \eta_v}{[V]}}, \quad (3.9)$$

де $[V]$ - допустима швидкість олії, ($[V] = 4$ м/с).

$$d_{mp} = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{37,2 \cdot 0,8}{4}} = 12,5 \text{ мм.}$$

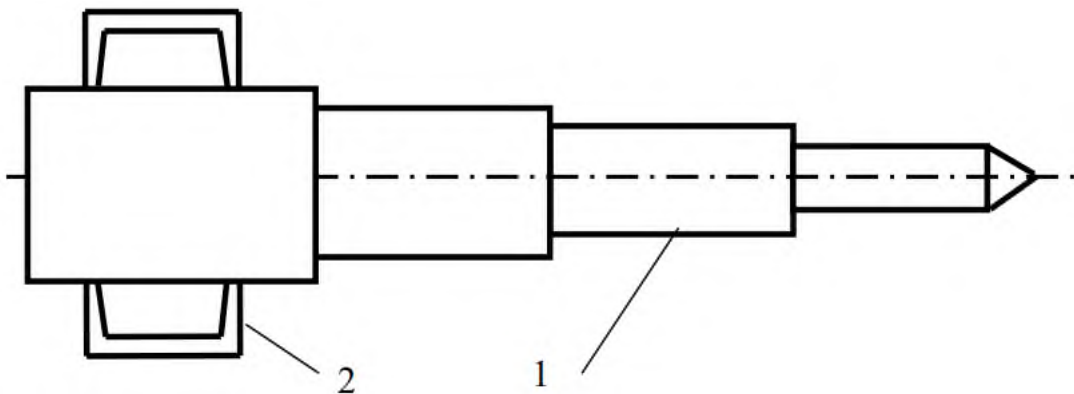
Внутрішній діаметр приєднувальних гідрошлангів до гідроциліндрів Ц-125 становить $d=16$ мм, що задовольняє дані умови.

3.2.3 Конструктивний розрахунок проектованої розробки

Для того, щоб здійснити перевезення сіна вагою 6 т, необхідно розрахувати основні вузли на згин.

Під час транспортування сіна воно перебуває у підвішеному стані та утримується на зубах (рис. 3.8).

На один палець-зуб діятиме частина ваги від копиці, на довжину «зуба» при $l=1800$ мм, маса становитиме $m=0,75$ т.



1 – палець зуб; 2 – швелер (№20)

Рис. 3.5 - Схема встановлення зуба

3.2.3.1 Розрахунок пальця-зуба на міцність

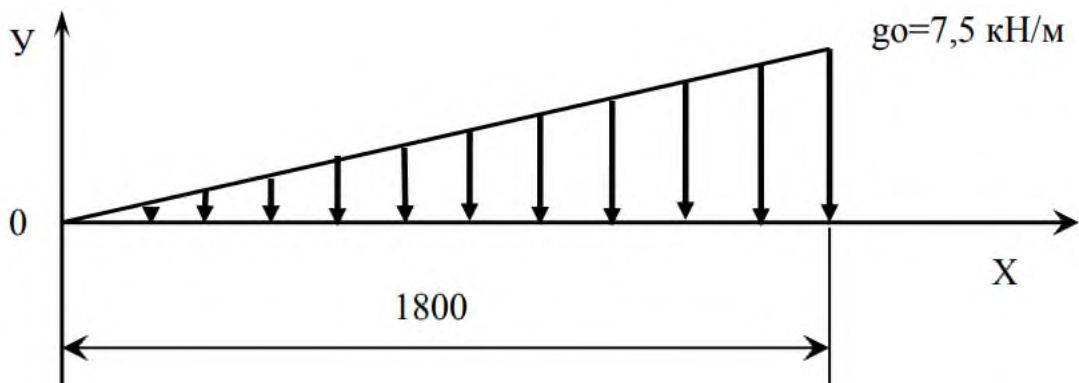


Рис. 3.6 - Епюра згинальних моментів

Знайдемо реакції сил зображені рис. 3.6.

$$\sum y \sum_{x=0}^{l} R_0 - g_0 \cdot \frac{l}{2} = 0, \quad (3.10)$$

$$R_0 = g_0 \cdot \frac{l}{2}, \quad (3.11)$$

$$R_0 = 7,5 \cdot \frac{1,8}{2} = 6,75 \text{кН}. \quad (3.12)$$

Знайдемо суму моментів щодо точки 0 (рис. 3.7).

$$\sum M_0 = M_0 - g_0 \frac{l}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot l = 0, \quad (3.13)$$

звідси:

$$M_0 = g \cdot \frac{l^2}{3}, \quad (3.14)$$

Тепер знайдемо згинальний момент (рис. 3.14):

$$M_0 = 7,5 \cdot \frac{1,8^2}{3} = 8,1 \text{кН} \cdot \text{м}.$$

$$M_x = R_0 \cdot Z - M_0 - \frac{g_0 \cdot Z}{\frac{l}{2}}, \quad (3.15)$$

$$M_x = 6,75 \cdot 0,9 - 8,1 - \frac{2 \cdot 7,5 \cdot 0,9}{1,8} = 3,4 \text{кН} = 3400 \text{Н}.$$

Умови міцності на згин:

$$\delta_u = \frac{M_u}{W_x} \leq [\delta]_u, \quad (3.16)$$

де δ_u - напруження згину труби, МПа;

W_x - момент опору згину, кН · м;

$[\delta]_u$ - допустиме напруження згину, ($[\delta]_u = 160$ МПа).

$$W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32} - \frac{\pi \cdot d^3}{32}, \quad (3.17)$$

де D - зовнішній діаметр труби, м;

d - внутрішній діаметр труби, м

$$d = D - 2S, \quad (3.18)$$

де S - товщина стінки труби, ($S = 0,005$ м).

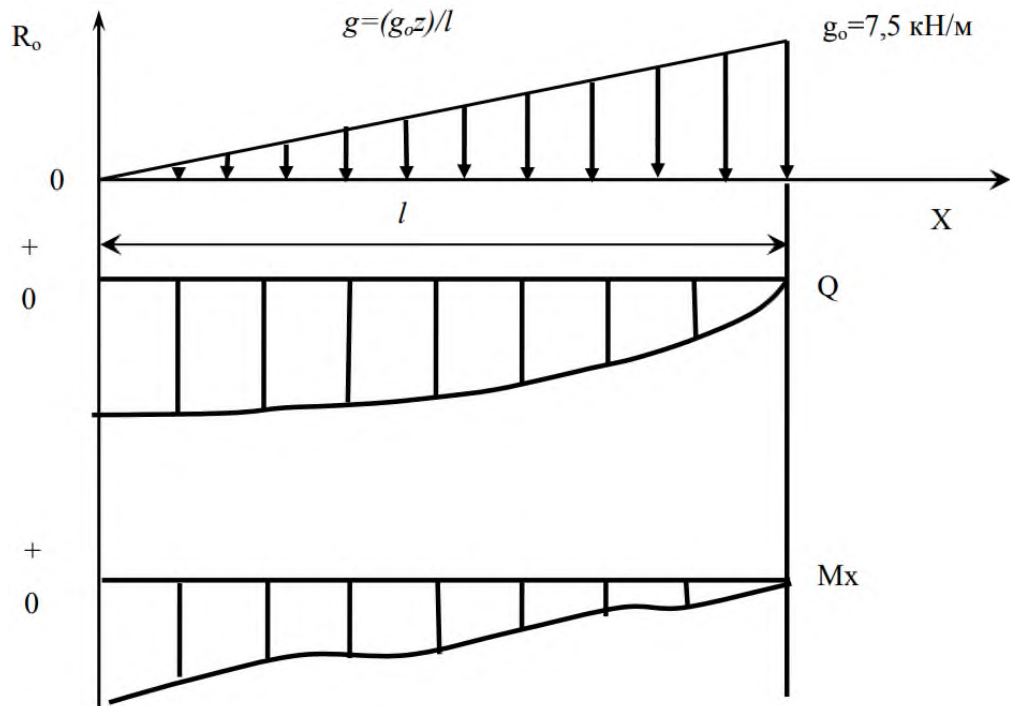


Рис. 3.7 – Епюри сил та моментів, що впливають на балку

$$d = 0,1 - 2 \cdot 0,005 = 0,09 \text{ м.}$$

$$W = \frac{3,14 \cdot 0,1}{32} - \frac{3,14 \cdot 0,09}{32} = 0,000015 \text{ м.}$$

$$\delta_u = \frac{3400}{0,000015} = 43,3 \text{ МПа} \leq 160 \text{ МПа.}$$

Умова виконується.

3.2.3.2 Розрахунок зварювального шва труби

Для того, щоб витримати шов, повинна дотримуватися умова міцності.

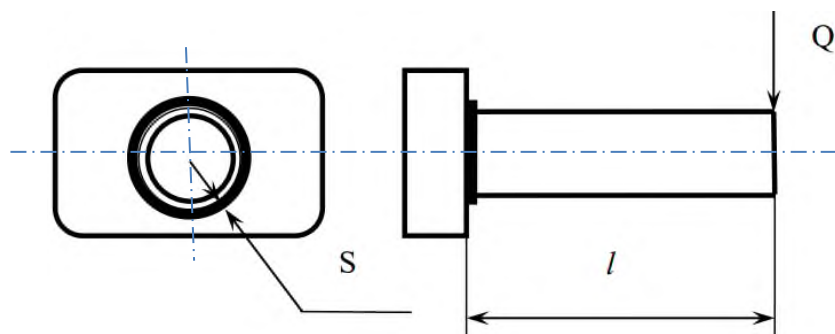


Рис. 3.8 – Кутове з'єднання труби

Умова міцності:

$$\delta_p = \frac{M_u}{W_x} \leq [\delta]_p, \quad (3.19)$$

де δ_p - напруження розриву, МПа;

M_i - згинальний момент, Нм;

W_x - момент опору розриву, м²;

$[\delta]_p$ - допустиме напруження розриву, ($[\delta]_p = 160$ МПа).

$$M_u = \frac{g \cdot l^2}{3} \cdot l, \quad (3.20)$$

де l - відстань від точки прикладання ваги до шва, ($l = 1,8$ м).

$$M_u = \frac{7,5 \cdot 1,8^2}{3} \cdot 1,8 = 14,58 \text{ кН м.}$$

$$W_x = \frac{S \cdot L^2}{6}, \quad (3.21)$$

де S – катет шва, м.м.

Приймаємо катет шва рівним 0,7 від товщини деталі, що зварюється, тобто труби. Товщина стінки труби становить 5 мм.

$$S = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ мм} = 0,0035 \text{ м.} \quad (3.22)$$

Довжина шва визначається за формулою:

$$L = 2 \cdot \pi \cdot R, \quad (3.23)$$

де R - радіус шва, ($R = 0,0385$ м)

$$L = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,0385 = 0,245 \text{ м.}$$

$$W_x = \frac{0,0035 \cdot (0,245)^2}{6} = 0,0000342 \text{ м}^3.$$

$$\delta_p = \frac{14580}{0,0000342} = 42,6 \text{ МПа} \leq 160 \text{ МПа.}$$

Умова виконується.

3.2.3.3 Розрахунок на міцність пальця для перекочування візка

Допустиме напруження на зріз

$$[\mathcal{J}]_{зр} = 160 \text{ МПа.}$$

Визначаємо діаметр пальця за формулою:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot Z \cdot [\tau_{зр}]}} \quad (3.24)$$

де F – зусилля, що діє на болт ($F = 6395,5 \text{ Н}$);

Z – число площин зрізу ($Z=2$);

$[\mathcal{J}]_{зр}$ – допустиме напруження зрізу, ($[\mathcal{J}]_{зр} = 160 \text{ МПа}$).

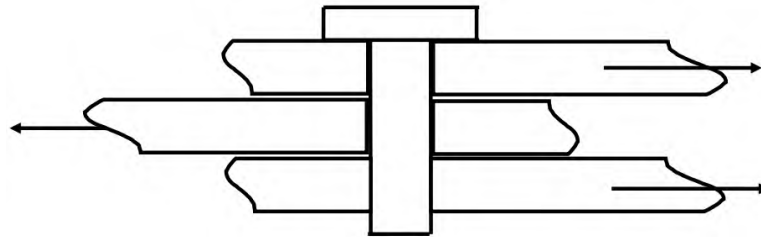


Рис. 3.9 - Палець осі колеса

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 6395,5}{3,14 \cdot 2 \cdot 160}} = 15 \text{ мм.}$$

З урахуванням запасу міцності приймаємо діаметр пальця $d = 40 \text{ мм}$.

3.2.3.4 Розрахунок на міцність бічного крила візка у перерізі якого знаходяться два зварені швелери

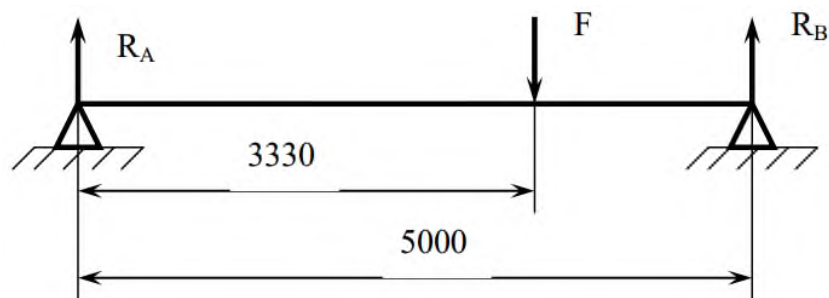


Рис. 3.9 - Реакція сил, що діють на крило

Знайдемо силу моментів щодо точки А:

$$\sum M_a = -F \cdot 33,3 + R_b \cdot 50 = 0 \quad (3.25)$$

$$R_b = \frac{F \cdot 33,3}{50}, \quad (3.26)$$

$$R_{\beta} = \frac{60 \cdot 33,3}{50} = 40 \text{ кН};$$

$$M_t = -F \cdot 33,3; \quad (3.27)$$

$$M_t = 60 \cdot 33,3 = 2000.$$

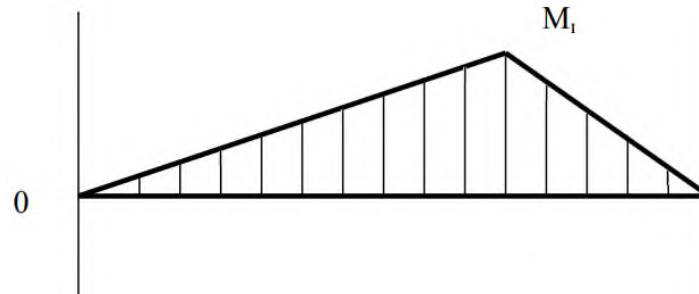


Рис. 3.9 – Епюра моментів, що діють на крило

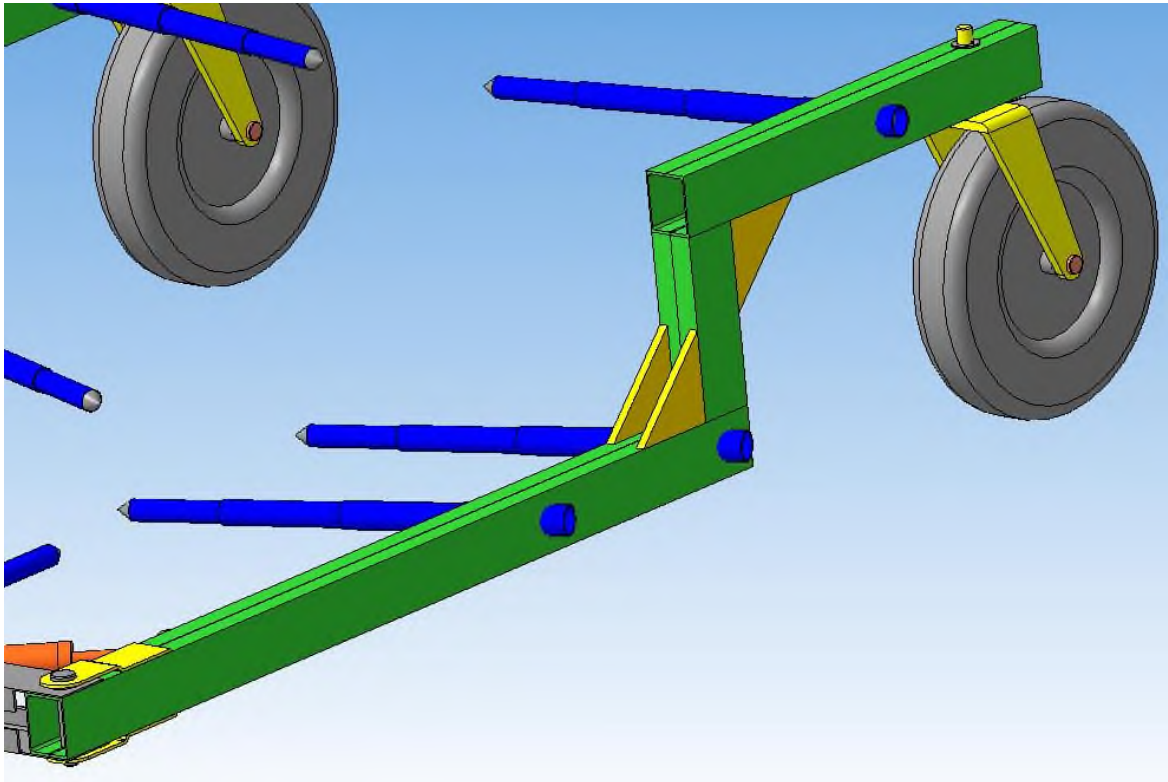


Рис. 3.10 – Тривимірна твердотіла модель крила візка

Умови міцності:

$$\delta_{зг} = \frac{M_u}{W_x} \leq [\delta]_{зг} \quad (3.28)$$

$$\delta_{зг} = \frac{2000}{2 \cdot 308} = 32,5 \text{ МПа} \leq 160 \text{ МПа}.$$

Умова виконується.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Вимоги щодо безпеки під час збирання та заготівлі соломи, сіна, сінажу і силосу

Під час заготівлі, зберігання і транспортування сіна необхідно дотримуватися загальних вимог безпеки згідно з ГОСТ 12.2.019 та ГОСТ 12.3.002.

Вимоги пожежної безпеки повинні відповідати ГОСТ 12.1.004.

Повітря робочої зони повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005.

Технологічне устаткування повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003.

Виробничий шум, атмосферне повітря, освітлення повинні відповідати ДСН 3.3.6.037 [12] та ДСН 3.3.6.042 [13].

Основні вимоги щодо безпеки під час збирання та заготівлі соломи, сіна, сінажу і силосу визначені в Правилах охорони праці у сільськогосподарському виробництві, затвердженими наказом МНС України 26.11.2012 № 1353, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 14 грудня 2012 р. за № 2075/22387.

Зернозбиральні комбайни і транспортні засоби повинні бути обладнані автоматичною зчіпкою, яка дозволяє від'єднувати наповнений причіп і приєднувати порожній під час руху агрегату без участі допоміжного працівника.

Погодження дій трактористів при розчепленні волокуші з трактором і початку руху машин після розчеплення необхідно здійснювати за умови наявності допоміжного працівника (сигнальника). Працівник повинен знаходитись попереду агрегату в зоні видимості обох трактористів. Трактористи повинні починати рух тільки після сигналу допоміжного працівника (свистком, прапорцем тощо).

Працівникам не дозволяється перебувати на копицях, які переміщують.

На період скиртування працівники повинні бути забезпечені справними вилами, страхувальним знаряддям, засобами сигналізації (свистками, прапорцями).

Скиртування дозволяється проводити у світлий час доби, за швидкості вітру не більше 6 м/с. Не дозволяється виконувати скиртувальні роботи під час грози.

Під час скиртування необхідно дотримуватися таких вимог:

– кількість скиртоправів, що одночасно перебувають на скирті, не повинна перевищувати шістьох з розміщенням їх не ближче ніж за 1,5 м від краю скирти;

– після досягнення скиртою висоти 2 м навколо неї необхідно вистелити шар соломи шириною 2 м і висотою 1 м (для пом'якшення удару внаслідок падіння працівника зі скирти);

– не допускається використання скиртоукладача для піднімання на скирту і спускання з неї;

– для завершення формування скирти на ній мають залишитися не більше двох скиртоправів;

– скиртоправи не повинні перебувати ближче 3 м від грабельної решітки під час подавання соломи (сіна) скиртоукладачем на скирту;

– для піднімання та опускання працівників зі скирти потрібно застосовувати приставні або мотузяні драбини, які у верхній частині необхідно закріплювати страхувальними мотузками, з'єднаними з металевим стрижнем, уведеним горизонтально в нижню частину скирти зі зворотного боку на глибину не менше 1 м.

Вкладати тюки у скирту, склади для сіна або кузов транспортного засобу необхідно у перев'язку. Тюки необхідно подавати узгоджено, укладачам не дозволяється наближатися до краю скирти (кузова) ближче ніж на 1,5 м.

Вкладати рулони необхідно механізованим способом вертикально у шаховому порядку.

Під час укладання рулонів і тюків не можна допускати нахилу штабеля. Нахилений штабель необхідно закріпити упорами або відтяжками до остаточного розбирання штабеля.

Працівникам не дозволяється перебувати під піднятими рулонами і тюками та у радіусі дії стріли навантажувальної машини під час укладання рулонів і тюків за допомогою кранів або навантажувачів.

Розрізання скірт скирторізом дозволяється виконувати за умови наявності допоміжного працівника (сигнальника), який повинен перебувати за межами зони можливого падіння пиляльного ланцюга у разі його пошкодження чи відмови.

Не дозволяється перебування працівників поблизу потоку подрібненої маси та робочих органів машин для навантажування соломи і сіна зі скірт з одночасним подрібненням і пневматичним завантаженням у транспортні засоби.

Не дозволяється виконання робіт під навислими козирками, які утворились при розбиранні скірт.

Під час роботи прес-підбирача не дозволяється:

- перебувати на прес-підбирачі;
- заглядати до пресувальної камери;
- вправляти руками в'язальний шпагат у в'язальному апараті;
- перебувати у зоні обертання маховика;
- проштовхувати руками масу до приймальної камери.

Під час роботи тюкоукладача працівникам не дозволяється перебувати ближче 1 м від робочих ланцюгів підбирача і поперечного транспортера та проштовхувати тюки у підбирач під час його руху.

Докладати тюки, що обвалилися, вручну дозволено тільки після зупинення агрегату.

Перед вивантаженням штабеля необхідно впевнитися, що у небезпечній зоні не перебувають працівники. Під час розвантаження поправляти штабель вручну не допускається.

Агрегати для виготовлення вітамінного трав'яного борошна та для висушування трави, соломи, зелених гілок дерев, виноградної вичавки та інших відходів повинні бути обладнані справними приладами контролю температурного режиму та автоматичними приладами безпеки, які вимикають подавання палива у разі обривання полум'я форсунки.

Роботи, пов'язані зі закладанням силосу, дозволяється проводити тільки у світлий час доби.

У траншеях заглибленого типу дозволено трамбувати силосну (сінажну) масу в темний час доби одним трактором у разі відсутності у траншеї допоміжних працівників та наявності стаціонарного освітлення всієї поверхні робочої зони.

Для трамбування маси необхідно застосовувати тільки гусеничні трактори загального призначення. Під час трамбування двері кабіни необхідно закріпити у відкритому положенні.

Дозволяється використовувати трактори тільки з передньонавішеним розрівнювальним пристроєм.

На кургані, бурті або у траншеї дозволено виконувати роботи тільки одним трактором. У траншейних сховищах шириною 12 м і більше допускається одночасна робота не більше двох гусеничних тракторів загального призначення.

Роботи із внесення хімічних консервантів повинні проводити не менше двох працівників.

Під час закладання у башту силосу або сінажу заборонено перебування працівників у баштах під час перерв у подаванні маси більше ніж на 2 години.

Поновлення робіт після перерв дозволяється тільки після провітрювання башти протягом 2 годин.

4.2 Вимоги до пожежної безпеки

Усі працівники сільськогосподарського підприємства повинні знати правила пожежної безпеки, а також вміти користуватися протипожежним

інвентарем у разі пожежі. Відповідальність за дотримання заходів пожежної безпеки несе інженер з ТБ. У кожному приміщенні майстерні на видному місці вивішуються окремі положення із правил пожежної безпеки, а також вивішується табличка із зазначенням прізвища працівника, який відповідає за пожежну безпеку, та номери телефонів пожежних команд.

Промаслені тряпки, та інший обтиральний матеріал слід зберігати у металевих ящиках з кришками. У разі займання горючих рідин полум'я слід гасити вогнегасником, закидати піском, накривати повстю.

Усі виробничі ділянки, склади та допоміжні приміщення обладнуються протипожежним інвентарем: вогнегасниками, лопатами тощо.

4.3 Оцінка безпеки та розробка заходів щодо безпечної експлуатації проектного візка для транспортування сіна

У даній кваліфікаційній роботі пропонуються такі заходи з забезпечення безпеки праці при роботі з механізмами, що розглядаються:

- 1) Не допускати до роботи осіб, які не пройшли спеціального інструктажу за цими типами механізмів.
- 2) Перед початком руху або пуском механізмів необхідно переконатися, що ці дії не загрожуватимуть будь-кому.
- 3) Не дозволяти людям перебувати в небезпечній близькості до працюючих механізмів.
- 4) Не ремонтувати та не регулювати механізми під час руху та на стоянці при працюючому двигуні.
- 5) Не можна працювати в незручному чи незаправленому одязі.
- 6) У разі аварійної зупинки установки відразу ж вимкнути двигун, усунути причину зупинки і лише після цього продовжити роботу.
- 7) Допущені на роботу забезпечуються засобами індивідуального захисту: комбінезоном, рукавичками.

Найбільш небезпечні зони проектного візка - бічні пальці.

Забороняється перебувати під час захоплення копиці між бічними пальцями та копицею. Колеса візка створюють так само не менш небезпечну зону при розведенні бічних крил. Заборонено знаходження людей під переднім брусом візка під час агрегування з трактором. Також не можна допускати до експлуатації несправні машини та обладнання, що не відповідають вимогам ГОСТ 122003-91.

До роботи допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, мають при собі посвідчення про допуск до цих робіт. Перед початком роботи з особами, які безпосередньо працюють з візком, інженер проводить вступний інструктаж.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічна ефективність конструкції проектного транспортного візка включає наступні затрати та показники:

1. Затрати на виготовлення агрегата;
2. Експлуатаційні витрати;
3. Річний економічний ефект;
4. Термін окупності капітальних вкладень.

Складання витрат та інших показників зробимо у порівнянні запропонованої конструкції та базового варіанту.

Оскільки пропонується конструкція візка агрегується з трактором Т 150К, то в як базову конструкції приймаємо транспортувальний візок СП-60.

Виконуючи економічне обґрунтування кваліфікаційної роботи необхідно враховувати ефект, в результаті якого знижуватиметься собівартість перевезення грубих кормів.

Затрати на виготовлення розроблюваної конструкції визначаємо за формулою:

$$S_{нк} = S_m + S_n + S_{zn} + S_{\text{н}} \quad (5.1)$$

де S_m - затрати на матеріали, грн.;

S_n - вартість покупних деталей, грн.;

S_{zn} – заробітна плата працівникам, зайнятих на виготовленні деталей та складання конструкцій вузлів та машини в цілому, грн.;

$S_{\text{н}}$ - непрямі витрати, грн.

Оцінивши весь перелік матеріалів та комплектуючих, необхідних для проведення запропонованої модернізації розроблюваної конструкції, будемо мати такі витрати (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 - Витрати на покупні вироби, вузли, агрегати, грн.

Назва	Кількість, шт	Ціна, грн	Вартість, грн
Колесо 12-35 в зборі	2	2000	4000
Гідроциліндр ГЦ-120	2	5000	10000
Електроди, кг	10	1000	10000
Разом			24000

Загальна сума витрат на придбання готових виробів для виготовлення візка склала 24000 гривень. Далі зробимо розрахунок суми витрат на матеріали та комплектуючі.

Таблиця 5.2 - Витрати на матеріали та комплектуючі деталі

Назва	Кількість, кг	Ціна, грн	Вартість, грн
Швелер <u>27 ГОСТ 8240-72</u> Ст3 ГОСТ 535-88	200	72,00	14400
Швелер <u>18 ГОСТ 8240-72</u> Ст3 ГОСТ 535-88	190	51,00	9690
Смуга <u>30 10 ГОСТ 103-75</u> Ст3 ГОСТ 535-88	45	38,00	1710
Лист <u>30 1500 4500 ГОСТ 19903-74</u> Ст3 ГОСТ 535-88	45	50,00	2250
Труба <u>40 10 ГОСТ 8732-78</u> Ст3 ГОСТ 535-88	10	46,00	460
Труба <u>50 10 ГОСТ 8732-78</u> Ст3 ГОСТ 535-88	20	46,00	920
Труба <u>80 10 ГОСТ 8732-78</u> Ст3 ГОСТ 535-88	40	46,00	1840
Труба <u>100 10 ГОСТ 8732-78</u> Ст3 ГОСТ 535-88	50	46,00	2300
Труба <u>120 10 ГОСТ 8732-78</u> Ст3 ГОСТ 535-88	20	46,00	920
Труба <u>132 10 ГОСТ 8732-78</u> Ст3 ГОСТ 535-88	10	47,00	470
Труба <u>150 10 ГОСТ 8732-78</u> Ст3 ГОСТ 535-88	20	47,00	940
Труба <u>180 10 ГОСТ 8732-78</u> Ст3 ГОСТ 535-88	10	47,00	470
Круг <u>20 ГОСТ 8732-78</u> Ст3 ГОСТ 535-88	5	38,00	190
Разом, грн:			36 600

Затрати праці, необхідні для виготовлення кожної з деталей, визначаємо за єдиною методикою, враховуючи час T , необхідний всі види робіт. Для цього скористаємося формулою:

$$T = T_o + T_{\text{дон}} + T_{\text{доод}} + T_{\text{нз}}, \quad (5.2)$$

де T_o - основний час, який залежить від розмірів оброблюваної поверхні, її конструктивних особливостей та режимів обробки, год;

$T_{\text{дон}}$ - допоміжний час, год;

$T_{\text{доод}}$ - додатковий час, год;

$T_{\text{нз}}$ - підготовчо-заклучний час, год

Заробітну плату працівників, зайнятих на виготовленні деталей (за окремими видами виконуваних робіт) і на складання конструкції $S_{\text{зн}}$, визначимо за формулою:

$$S_{\text{зн}} = T \cdot f + S_{\text{доод}} + S_{\text{сн}}, \quad (5.3)$$

де f - годинна тарифна ставка працівників різних професій, грн. (залежить від розряду робітника);

$S_{\text{доод}}$ - додаткова заробітна плата працівників, грн. (надбавки за вислугу років та класність);

$S_{\text{сн}}$ - обов'язкові відрахування на соціальні потреби, грн.

Трудомісткість складання агрегату визначається як сума трудомісткості всіх операцій.

При розрахунку заробітної плати слід врахувати такі обов'язкові нарахування відповідно до чинного законодавства та нормативами:

- районний коефіцієнт – 30%;
- відрахування до позабюджетних фондів 30%.

Результати розрахунків трудомісткості виконання окремих видів робіт та заробітної плати працівників, зайнятих на виготовлення деталей та складання конструкції зведені до єдиної таблиці 5.2.

Непрямі витрати Z_n визначаємо за такою формулою:

$$Z_H = P_{36} + P_{32}, \quad (5.4)$$

де P_{36} - загально виробничі витрати, грн.;

P_{32} - загальногосподарські витрати, грн.

Загально виробничі витрати P_{36} визначаються в межах (20-50) % від S_{np} .

Таблиця 5.2 - Витрати праці та заробітна плата працівників, зайнятих на виготовленні деталей та збирання конструкції

Вид робіт	Кваліф. розряд	Норма часу, год	Годинна тарифна ставка, грн	Всього, грн
Токарні	4	10	120	1200
Зварювальні	5	20	120	2400
Слюсарні	4	10	100	1000
Складальні	4	10	110	1100
Разом:	-	-	-	5700
Районний коефіцієнт, %	30	-	-	1710
Разом:	-	-	-	7410
відрахування в позабюджетні фонди, %	30	-	-	2223
Усього заробітна плата з відрахуваннями	-	-	-	9633

Загально виробничі витрати складаються з:

- витрат з організації виробництва;
- витрат на обслуговування та утримання, а також ремонт основних коштів;
- амортизаційних відрахувань;
- витрат на заходи з охорони праці та техніки безпеки;
- зношування малоцінних і швидкозношуваних предметів для загальногалузевих цілей;
- витрат на транспортне обслуговування робіт;
- витрат на оплату праці з відрахуваннями на соціальні потреби працівників апарату управління у підрозділах та ін.

Приймаємо загальновиробничі витрати 30% від S_{np} , тоді P_{36} складе:

$$P_{36} = 0,3 \cdot 9633,0 = 2890,0 \text{ грн.}$$

Загальногосподарські витрати P_{32} становлять 10% від S_{np} . До загальногосподарських витрат належать витрати, пов'язані з управлінням та обслуговуванням виробництва в цілому по підприємству:

- Витрати на оплату праці адміністративно-управлінського апарату з відрахуваннями на соціальні потреби;
- Конторські, друкарські, поштово-телеграфні витрати;
- Витрати на протипожежні заходи, охорону праці та техніку безпеки (встановлення огорож, сигналів, вентиляції тощо);
- Витрати на оплату відпусток молодих фахівців;
- Витрати на утримання легкового автотранспорту;
- Податки та збори та ін.

Приймаємо загальногосподарські витрати 10% від S_{np} , тоді P_{32} складе:

$$P_{32} = 0,1 \cdot 9633,0 = 963,3 \text{ грн.}$$

Визначимо непрямі витрати за формулою (6.4):

$$Z_n = 2890,0 + 963,3 = 3853,3 \text{ грн.}$$

Загальна вартість робіт з виготовлення пропонованої конструкції становитиме:

$$S_{nk} = 21000 + 36600,0 + 9633,0 + 3853,3 = 71086,3 \text{ грн.}$$

Отже розмір капітальних витрат становить 71086,3 грн.

Експлуатаційні витрати на виконання робіт з перевезення кормів базуються на вихідних даних, поданих у таблиці та розрахунках, виконаних під час виконання запланованих работ.

Ці дані наведемо та виконаємо розрахунки за базовим та проектованим варіантами (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Вихідні дані щодо порівнюваних агрегатів для транспортування сіна

Показники	Базовий варіант	Модернізований
Склад агрегату	Т-150К+ СП-60	Т-150К+візок для транспортування сіна (власної конструкції)
Вантажопідйомність, т	6,0	6,0
Робоча швидкість, км/год	12,4	12,4
Годинна продуктивність з урахуванням коефіцієнта використання робочого часу, т/год	6,0	7,2
Об'єм робіт, т	300	300
Балансова вартість, грн.:		
трактора	1400000	1400000
знаряддя	120000	71086,3
Норма амортизаційних відрахувань, %:		
трактора	10,0	10,0
знаряддя	12,5	12,5
Норма відрахувань на ремонт, зберігання та технічне обслуговування, %:		
трактора	12	12
знаряддя	17	17
Вартість ПММ, грн/кг (комплексно паливо та мастильні матеріали)	82	82
Годинна ставка тракториста, грн/год	120	120

З урахуванням вихідних даних зробимо розрахунок основних видів експлуатаційних витрат.

Експлуатаційні витрати S_e визначимо за формулою:

$$S_e = S_{ам} + S_{рем} + S_{нмм} + S_{зн} + S_n \quad (5.5)$$

де $S_{ам}$ – амортизаційні відрахування, грн/га;

$S_{рем}$ – витрати на поточний ремонт, технічне обслуговування та зберігання техніки, грн/га;

$S_{нмм}$ – вартість паливо-мастильних матеріалів, грн/га;

S_{zn} – заробітна плата тракториста-машиніста з урахуванням відрахувань на соціальні потреби (30%), грн/га;

S_n - непрямі витрати, грн/га.

Амортизаційні відрахування визначаємо за такою формулою:

$$S_{ам} = B_{тр,сгм} \cdot a_{ам тр,сгм} / (100 \cdot T_p тр,сгм \cdot W_{год МТА}), \quad (5.6)$$

де $B_{тр,сгм}$ - балансова вартість трактора та с.-г. машини, грн/га (табл. 5.3);

$a_{ам тр,сгм}$ – амортизаційні відрахування трактора та сільськогосподарської машини, % (табл. 5.3);

$T_p тр,сгм$ - річне завантаження трактора та с.-г. машини, (за даними довідкової літератури), год;

$W_{год МТА}$ - годинна продуктивність машинно-тракторних агрегатів, га/год (табл. 5.3).

Тоді амортизаційні відрахування по базовій та пропонованій конструкції дорівнюватимуть:

$$S_{ам баз. констр.} = (1400000 \cdot 10 / (100 \cdot 1300 \cdot 6,0) + [120000 \cdot 12,5 / (100 \cdot 50 \cdot 6,0)]) = 19,4 + 50 = 69,4 \text{ грн/т.};$$

$$S_{ам модерн. констр.} = (1400000 \cdot 10 / 100 \cdot 1300 \cdot 7,2) + [71086,3 \cdot 12,5 / (100 \cdot 42 \cdot 7,2)] = 18,4 + 20,7 = 40,1 \text{ грн/т.}$$

У перших дужках враховуються значення для трактора, у других - для транспортувального візка.

Відрахування на поточний ремонт, технічне обслуговування та зберігання техніки визначаються за формулою:

$$S_{рем} = B_{тр,сгм} \cdot a_{рем тр,сгм} / 100 \cdot T_z тр,сгм \cdot W_{год МТА}, \quad (5.7)$$

де $a_{рем тр,сгм}$ – відрахування на поточний ремонт, технічне обслуговування та зберігання техніки, % (табл. 5.3).

$$S_{\text{рем баз. констр.}} = (1400000 \cdot 12 / (100 \cdot 1300 \cdot 6,0)) + \\ + [120000 \cdot 17 / (100 \cdot 50 \cdot 6,0)] = 89,5 \text{ грн/т.};$$

$$S_{\text{рем модерн. констр.}} = (1400000 \cdot 12 / (100 \cdot 1300 \cdot 7,2)) + \\ + [71086,3 \cdot 17 / 100 \cdot 42 \cdot 7,2)] = 46,1 \text{ грн/т.}$$

Витрати на паливо-мастильні матеріали визначаються за формулою:

$$S_{\text{нмм}} = G_{\text{нмм}} \cdot C_{\text{нмм}} / W_{\text{год}}, \quad (5.8)$$

де $G_{\text{нмм}}$ – годинна витрата палива та мастильних матеріалів (за довідковими даними) кг/год;

$C_{\text{нмм}}$ – комплексна ціна палива та мастильних матеріалів (табл. 5.3), грн/кг;

$W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність МТА, га/год (табл. 5.3)

Тоді витрати на паливо-мастильних матеріалів дорівнюватимуть:

$$S_{\text{нмм баз. констр.}} = 20 \cdot 82 / 6,0 = 273,3 \text{ грн/т.}$$

$$S_{\text{нмм модерн. констр.}} = 20 \cdot 82 / 7,2 = 227,8 \text{ грн/т.}$$

Заробітна плата тракториста-машиніста на обробці поля вираховується за формулою:

$$S_{\text{зн}} = f \cdot K_p \cdot 1,5 / W_{\text{год}} + S_{\text{сн}}, \quad (5.9)$$

де f - годинна тарифна ставка тракториста-машиніста, (табл. 5.3) грн/год;

K_p – районний коефіцієнт;

1,5 – надбавка за класність та вислугу років;

$S_{\text{сн}}$ - відрахування на соціальні потреби 30% від $(f \cdot K_p \cdot 1,5 / W_{\text{год}})$, грн.

Тоді отримаємо такі значення:

$$S_{\text{зн баз. констр.}} = 120 \cdot 1,3 \cdot 1,5 / 6,0 + S_{\text{сн}} = 39,0 + 39,0 \cdot 0,3 = 50,7 \text{ грн/га};$$

$$S_{\text{зн модерн. констр.}} = 120 \cdot 1,3 \cdot 1,5 / 7,2 + S_{\text{сн}} = 32,5 + 32,5 \cdot 0,3 = 42,3 \text{ грн/га.}$$

Визначимо для кожного транспортного варіанту, перевезення грубих кормів, експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи для одного агрегату (150 т) за формулою:

$$S_{e\ op} = S_e \cdot V_{op}, \quad (5.10)$$

де V_{op} – об'єм робіт, ($V_{op} = 150$ т).

$$S_{e\ op\ баз.\ констр.} = (69,4 + 89,5 + 273,3 + 50,7) \cdot 150 = 47430,0 \text{ грн.};$$

$$S_{e\ op\ модерн.\ констр.} = (40,1 + 46,1 + 227,8 + 42,3) \cdot 150 = 32110,0 \text{ грн.}$$

Визначимо непрямі, загальновиробничі та загальногосподарські витрати праці за формулою:

$$S_{нзг.} = P_{з.вир.} + P_{з.госп.}, \quad (5.11)$$

де $P_{з.вир.}$ - загальновиробничі витрати (30% від $S_{e\ op}$), грн.;

$P_{з.госп.}$ - загальногосподарські витрати (12% від $S_{e\ op}$), грн.

Тоді непрямі витрати становитимуть:

$$S_{нзг.\ баз.\ констр.} = 47430,0 \cdot 0,3 + 47430,0 \cdot 0,12 = 19920,6 \text{ грн.}$$

$$S_{нзг.\ модерн.\ констр.} = 32110,0 \cdot 0,3 + 32110,0 \cdot 0,12 = 13696,2 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на весь обсяг робіт становитимуть:

$$S_{зв} = S_e + S_{нзг.}, \quad (5.12)$$

$$S_{зв\ баз.\ констр.} = 47430,0 + 19920,6 = 67350,6 \text{ грн.}$$

$$S_{зв\ модерн.\ констр.} = 32110,0 + 13696,2 = 45806,2 \text{ грн.}$$

Порівняємо отримані результати і їх різницю та отримаємо річний економічний ефект.

$$E_e = S_{зв\ баз.\ констр.} - S_{зв\ модерн.\ констр.} = 67350,6 - 45806,2 = 21544,4 \text{ грн.}$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень:

$$T = \frac{S_{пк}}{E_e}, \quad (5.13)$$

$$T = \frac{71086,3}{21544,4} = 3,3 \text{ роки.}$$

Виходячи з вищевикладеного, слід зазначити, що витрати на виготовлення транспортувального візка становитимуть 71086,3 грн, а економічний ефект від застосування запропонованої конструкції – 42088,8 грн, таким чином витрати на виготовлення проектного самозавантажувального візка для транспортування сіна окупляться протягом 3-х сезонів.

Таблиця – 5.4 Економічна ефективність розроблюваного інженерного рішення

Показники	Т-150К+ СП-60	Т-150К+візок для транспортування сіна (власної конструкції)
Додаткові капітальні вкладення, грн	120000	71086,3
Вантажопідйомність, т	6,0	6,0
Робоча швидкість, км/год	12,4	12,4
Годинна продуктивність, т/год	6,0	7,2
Трудомісткість, люд.-год/т	0,17	0,14
Затрати на 1 т., грн	449,0	308,4
на ремонт та техобслуговування, грн/т	89,5	46,1
на зарплатню, грн/т	50,7	42,3
на ПММ, грн/т	273,3	227,8
накладні витрати, грн/т	132,8	91,3
Річна економія, грн	21544,4	
Термін окупності капітальних вкладень, років	3,3	

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Тема кваліфікаційної роботи є на сьогоднішній день актуальною проблемою під час вирішення питань щодо доставки кормів з полів до місць зберігання.

У роботі було проведено аналіз та порівняльна оцінка спеціалізованих транспортних агрегатів з доставки розсипного сіна.

Запропоновані в кваліфікаційній роботі конструкторські рішення дозволять підвищити ефективність транспортних робіт з перевезення грубих кормів із місць закладання копиць сіна до місць зберігання.

Крім цього в кваліфікаційній роботі було розглянуто питання охорони праці працівників на підприємстві, проведено аналіз заходів щодо протипожежної безпеки. Розроблено заходи щодо покращення роботи з охорони праці в господарстві. Коротко було порушено питання охорони навколишнього середовища.

В економічній частині кваліфікаційної роботи подана економічна ефективність від впровадження проектового агрегату, за умови виконання всіх питань, що розглядаються в проекті. Вартість конструкції з урахуванням витрат на закупні вироби та виготовлення складе 71086,3 грн, при цьому річна економія від застосування проектового агрегату очікується у районі 21544,4 грн, з терміном окупності капітальних вкладень протягом чотирьох сезонів (3,3 року).

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДСТУ 4674:2006. Сіно. Технічні умови. [Чинний від 2007-10-01]. Вид. офіц. Київ, 2008. 19 с. (Інформація та документація).
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. К.: Урожай. 1994. 448 с.
3. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські та меліоративні машини. К.: Вища освіта. 2004. 554 с.
4. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко В.В. та ін. Сільськогосподарські машини. К.: Агроосвіта. 2015. 679 с.
5. Клищенко Т. Т., Карпусь Н. М., Малиенко А. В. и др. Заготовка, хранение и использование кормов. Киев: Урожай, 1987. 336 с.
6. Копил А.М. Підготовка, зберігання та використання кормів. К.: Урожай, 1997. 290 с.
7. Агаєв Ю.М. Використання сінажу, заготовленого за рулонної технології, в раціонах тварин. Зоотехнія. 2007. № 10. С.6-7;
8. Буряків А.Т. Сінаж в упаковці. Землеробство. 2002. № 3. С.24-25;
9. Крюков Д. Сучасні підходи до заготівлі сіна. Тваринництво і ветеринарія. 2021. №4. С. 44-46.
10. Подобєд Л.І., Курнаєв О.М. Питання заготівлі, зберігання та використання кормів в умовах інтенсивної технології виробництва молока. Одеса: Друкарський дім, 2012. 456 с.
11. Столярчук П.З., Півторак Я.І., Голодюк І.П. [та ін.] Заготівля кормів, нормована годівля тварин та профілактика аліментарних захворювань [Навч. посібник]. Львів: «Добрий друк», 2011. 288 с.
12. ДСН 3.3.6.037-99 Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, затверджені МОЗ України 01.12.99 р., № 37
13. ДСН 3.3.6.042-99 Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень, затверджені МОЗ України від 01.12.99 р., № 42.

14. ДСП 201-97 Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами), затверджені МОЗ України 09.07.97 р., № 201.

15. СанПиН 42-128-4690-88 Санитарные правила содержания территорий населенных мест, утвержденные Минздравом СССР 05.08.1988 г., № 4690-88 (Санітарні правила утримання територій населених місць).

16. Зінченко О.І. Кормовиробництво: підр. К.: Вища школа, 1994. 440 с.

17. Кияк Г.С. Луківництво. К.: Вища шк., Головне в-во, 1980. 185 с.

18. Білоножко М.А. Рослинництво: Інтенсивна технологія вирощування польових і кормових культур. К.: Вища шк., 1990. 347 с.

19. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: Підручник. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.

20. Кривий М. М. Технологія кормів: навч. посіб. Житомир: Полісся, 2019. 220 с.

21. Бурлака В.А., Бабич Л.Ф., Борщенко В.В. та ін. Використання зелених кормів в годівлі тварин. Житомир: ЖНАЕУ, 2010. 31 с.

22. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. - М.: Машиностроение, 1979-1982. Т1.-728 с.; Т2.-559 с.; Т3. - 557 с.

23. Заблонський К.І. Деталі машин: Підручник. Одеса: Астропринт, 1999. 404 с.

24. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. Львів: Афіша, 2003. 558 с.

25. Курмаз Л.В. Основи конструювання деталей машин. Харків: Підручник НТУ "ХПІ", 2010. 532 с.

26. Пістун І.П., Березовецький А.П., Березовецький С.А. Охорона праці в галузі сільського господарства (рослинництво). Навчальний посібник. Суми: ВТД «Університетська книга», 2012. 504 с.

27. Сокурєнко В.В., Бандурка О.М., Бортник С.М. та ін. Безпека життєдіяльності та охорона праці: підручник. Харків. нац. ун-т внутр. справ. Харків : ХНУВС, 2021. 308 с.